



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 47 033 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 F 7/18**  
F 01 L 9/04

②1 Aktenzeichen: 197 47 033.5  
②2 Anmeldetag: 24. 10. 97  
④3 Offenlegungstag: 29. 4. 99

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 **Anmelder:**  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 **Erfinder:**  
Ganser, Thomas, Dipl.-Ing., 70327 Stuttgart, DE;  
Scherer, Matthias, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE;  
Konrath, Harald, Dipl.-Ing., 72108 Rottenburg, DE

⑤6 **Entgegenhaltungen:**  
DE 1 96 17 264 A1  
DE 40 02 286 A1  
DE 39 07 057 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 **Elektronische Schalteinrichtung für Magneten**

⑤7 Zur Verbesserung des Taktverhaltens einer elektronischen Schalteinrichtung für elektromagnetische Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine durch schnelleres Abbauen des Stroms beim Abschalten sowie schnelleres Aufbauen beim Einschalten wird eine Magnetspule mit einer zwei elektrischen Ventile und zwei Dioden umfassenden Halbbrücke bzw. einer vier elektrischen Ventile umfassenden Vollbrücke beschaltet, wobei ein parallel zu der Halbbrücke bzw. Vollbrücke geschalteter Kondensator vorgesehen ist, der beim Abschalten der Magnetspule durch Schließen der Halbbrücke bzw. eines Halbbrückenzweiges die magnetische Energie der Magnetspule speichert.

DE 197 47 033 A 1

DE 197 47 033 A 1

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schalteinrichtung für Magneten, insbesondere für elektromagnetische Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine.

Aufgrund der großen Induktivitäten ihrer Spule zeichnen sich derartige Ventilstellglieder für Brennkraftmaschinen durch eine starke Trägheit ihres Strom-Ein- und Ausschaltverhaltens aus. Aus der EP 0 727 566 A2 ist eine elektronische Schalteinrichtung zur Steuerung elektromagnetischer Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine bekannt, die zur Steuerung einer elektromagnetischen Spule eine vier Transistoren umfassende Vollbrücke aufweist. Die Vollbrücke ist über eine Steuerschaltung wechselweise in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung schaltbar. Parallel zu der Vollbrücke ist ein DC/DC-Wandler vorgesehen. Des weiteren weist die bekannte Schalteinrichtung einen Kondensator auf, der parallel zu der Vollbrücke geschaltet und mit der elektromagnetischen Spule verbunden ist. Dem Kondensator ist jeweils ein Schaltelement zum Steuern der Lade- und Entladevorgänge vorgeschaltet, die beide von der Treiberschaltung gesteuert werden, wobei der Kondensator bei Vorwärtsbeschaltung der elektromagnetischen Spule geladen und bei Rückwärtsbeschaltung der elektromagnetischen Spule entladen wird, um so die elektromotorische Kraft der Spule schnell zu kompensieren.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine elektronische Schalteinrichtung für Magneten bereitzustellen, die einen vereinfachten Aufbau aufweist und mit der bei jeder Strombeaufschlagung der Spule deren eingepprägter Strom möglichst schnell aufgehoben wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß eine elektronische Schalteinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Weicheisenstellglied und eine elektronische Schalteinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 2 zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Stellglied mit überlagertem Hart-Permanentmagneten vorgeschlagen. Die erfindungsgemäßen Schalteinrichtungen sind besonders einfach aufgebaut, da im Vergleich zu der aus der EP 0 727 566 A2 bekannten Schalteinrichtung kein DC/DC-Wandler und insbesondere keine zusätzliche aktive Beschaltung des Kondensators notwendig ist. Dadurch werden Bauteile eingespart und die Anfälligkeit der Schalteinrichtung reduziert. Aufgrund der erfindungsgemäßen Anordnung der Schalteinrichtung wird der Kondensator bei jedem Abschalten der Magnetspule aufgeladen, so daß bei jedem Einschalten der Spule durch die zusätzlich durch den Kondensator zur Verfügung stehende Spannung ein wesentlich schnellerer Aufbau des einzuprägenden Stromes der Magnetspule erreicht wird. Darüber hinaus wird durch die erfindungsgemäße Schalteinrichtung beim Abschalten der Magnetspule der durch diese fließende Strom schneller auf Null zurückgeführt.

In Ausgestaltung der Erfindung ist eine parallel zu dem Kondensator geschaltete Zenerdiode vorgesehen, durch die die elektrischen Ventile vor einer zu hohen Spannung geschützt werden.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

**Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Schalteinrichtung zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Weicheisenstellglied.

**Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Schalteinrichtung zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Stellglied mit überlagertem Hart-Permanentmagneten.

**Fig. 3** zeigt die Spannungs- und Stromverläufe der Magnetspule für einen Abschaltvorgang in einer erfindungsgemäßen Schalteinrichtung mit Kondensator gemäß **Fig. 1** und im Vergleich die Spannungs- und Stromverläufe in einer Schalteinrichtung ohne Kondensator.

**Fig. 4** zeigt die Spannungs- und Stromverläufe der Magnetspule für einen Einschaltvorgang in einer erfindungsgemäßen Schalteinrichtung mit einem Kondensator gemäß **Fig. 1** und im Vergleich dazu die Spannungs- und Stromverläufe in einer entsprechenden Schalteinrichtung ohne Kondensator.

**Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Schalteinrichtung 10 mit einer Magnetspule S1, die in einer Halbbrücke verschaltet ist. Die Halbbrücke umfaßt zwei elektrische Ventile V1, V2 und zwei Dioden D1, D2, die in an sich bekannter Weise jeweils über Kreuz liegend zu einer Brückenschaltung angeordnet sind. Die Brückenschaltung wird von einer Spannungsquelle mit einer Versorgungsspannung Ubat beaufschlagt, wobei zwischen die Spannungsquelle und die Halbbrücke eine einen Stromfluß in die Spannungsquelle verhin- dernde Diode D geschaltet ist. Eine derartige Schalteinrichtung eignet sich vorzugsweise zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Weicheisenstellglied.

Parallel zu der Halbbrücke ist erfindungsgemäß ein Kondensator C geschaltet. Des weiteren ist eine parallel zu dem Kondensator C geschaltete Zenerdiode Z vorgesehen.

Die dargestellte Halbbrücke der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung 10 dient zur Steuerung der eine Induktivität mit einem kleinen Ohm'schen Widerstand bildenden Magnetspule S1. Durch Betätigen der elektrischen Ventile V1, V2 wird die Magnetspule S1 mit einem Strom beaufschlagt bzw. vom Stromkreis abgetrennt. Bis zu ihrem Abschaltzeitpunkt werden die elektrischen Ventile V1, V2 PWM-gesteuert, um in der Magnetspule S1 ein gewünschtes Stromniveau einzuprägen. Zum Abschalten werden die elektrischen Ventile V1, V2 gesperrt und somit die Stromzufuhr zu der Magnetspule S1 unterbrochen und der Abschaltvorgang über die Dioden D1, D2 bewirkt.

**Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Schalteinrichtung 20, die sich von der in **Fig. 1** dargestellten Schalteinrichtung 10 insofern unterscheidet, als die beiden Dioden D1, D2 der Halbbrücke zur Bildung einer Vollbrücke durch elektrische Ventile V3, V4 ersetzt sind. Davon abgesehen verfügen die beiden Schalteinrichtungen 10 und 20 über den gleichen Aufbau. Eine derartige Schalteinrichtung eignet sich vorzugsweise zur Verwendung mit einem elektromagnetischen Stellglied mit überlagertem Hart-Permanentmagneten.

Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die in den **Fig. 3** und 4 dargestellten Spannungs- und Stromverläufe der Magnetspule S1 der Schalteinrichtung 10 (vgl. **Fig. 1**) beschrieben.

Wie vorstehend erwähnt, werden die elektrischen Ventile V1, V2 bis zum Abschaltzeitpunkt PWM-gesteuert, um in der Magnetspule ein gewünschtes Stromniveau einzuprägen, das in **Fig. 3b** dargestellt ist und in willkürlich gewählten Einheiten 1 beträgt. Zum Abschaltzeitpunkt bei 3 msec werden die elektrischen Ventile gesperrt, so daß in der Magnetspule der Strom abfällt und eine kurzzeitige Gegenspannung Ue aufgebaut wird. Wie aus **Fig. 3b** ersichtlich, fällt der Strom innerhalb von ca. 0,3 msec auf Null ab. Im Vergleich hierzu zeigt der in den **Fig. 3c** und 3d wiedergegebene Spannungs- und Stromverlauf für einen identischen Schaltkreis ohne Kondensator C einen Stromabfall auf Null innerhalb von ca. 0,5 msec. Der deutlich schnellere Stromabbau bei der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung mit Kondensator ist darauf zurückzuführen, daß durch Aufnahme des Kondensators in die Schaltung ein Schwingkreis

mit einer kleinen Schwingzeit gebildet wird. Durch das Vorhandensein der Dioden D1, D2 wird jedoch verhindert, daß der Strom durch die Nullage geht und einen negativen Spitzenwert erreicht, was mit einer Entladung des Kondensators verbunden wäre. Je kleiner die Kapazität des Kondensators C gewählt wird, desto schneller baut sich der Strom ab. Da mit abnehmender Kapazität jedoch auch die am Kondensator sich aufbauende Spannung wächst, wird der Fachmann unter Abwägung der Randparameter für die Kapazität eine vernünftige Untergrenze wählen.

Neben dem Effekt des schnelleren Erreichens der Strom-Nullage wird durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung erreicht, daß die zum Abschaltzeitpunkt in der Magnetspule S1 vorhandene Energie wenigstens teilweise in dem Kondensator C gespeichert wird. Dies wird erfindungsgemäß ohne zusätzliche Beschaltung des Kondensators C erreicht, da die Be- und Entladung des Kondensators C automatisch mit Betätigen der elektrischen Ventile V1, V2 erfolgt.

Fig. 4 zeigt den Spannungs- und Stromverlauf beim Einschalten der Magnetspule S1, wobei die Fig. 4a und 4b den Verlauf für die erfindungsgemäße Schalteinrichtung 10 der Fig. 1 zeigen, während Fig. 4c und 4d den entsprechenden Verlauf für eine identische Schaltungsanordnung ohne Kondensator zeigen.

Beim Einschalten der elektrischen Ventile V1, V2 wird die Magnetspule S1 erfindungsgemäß durch eine Spannung beaufschlagt, die der in dem Kondensator C aufgrund eines vorangegangenen Abschaltvorgangs gespeicherten Spannung  $U_c$  entspricht. Diese Spannung entspricht etwa dem doppelten Wert von  $U_{bat}$  (vgl. Fig. 3a und Fig. 3c). Da bei der Schaltung ohne Kondensator C nur die Versorgungsspannung  $U_{bat}$  zur Verfügung steht, ist mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit Kondensator das gewünschte Stromniveau früher erreicht, als bei der Schaltung ohne Kondensator (vgl. Fig. 4b und Fig. 4d). Die Spannung am Kondensator fällt während der Bestromung der Spule auf das Niveau der Versorgungsspannung ab. Während in dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel das gewünschte Stromniveau mit der erfindungsgemäßen Schaltung bereits nach ca. 0,3 msec erreicht ist, benötigt eine entsprechende Schaltungsanordnung ohne Kondensator zum Aufbau des gewünschten Stromes ca. 0,5 msec.

Wie vorstehend erläutert verfügt die erfindungsgemäße Schalteinrichtung 20 nach Fig. 2 im Gegensatz zu der Schalteinrichtung 10 der Fig. 1 über eine aus vier elektrischen Ventilen V1, V2, V3, V4 aufgebaute Vollbrücke, so daß in der Schalteinrichtung 20 ein Spulenstrom in beide Richtungen eingeprägt werden kann, wobei die Stromrichtung darüber entscheidet, ob das elektromagnetische Feld das Gesamtfeld stärkt oder schwächt. Die Ein- und Ausschaltvorgänge verhalten sich jedoch prinzipiell genauso wie in der Schalteinrichtung 10 der Fig. 1. Der Kondensator C bewirkt auch wie vorstehend beschrieben und durch Fig. 3a, 3b, 4a, 4b veranschaulicht bei der Vollbrücke ein schnelleres Abbauen des Stromes beim Abschalten sowie ein schnelleres Aufbauen beim Einschalten. Auch der Vorteil der Energiespeicherung und -rückspeisung ist bei der Vollbrückenschaltung der Stromeinrichtung 20 mit Kondensator C gegeben.

Erfindungsgemäß wird somit zur Verbesserung des Taktverhaltens einer elektronischen Schalteinrichtung für elektromagnetische Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine durch schnelleres Abbauen des Stroms beim Abschalten sowie schnelleres Aufbauen beim Einschalten eine Magnetspule mit einer zwei elektrischen Ventile und zwei Dioden umfassenden Halbbrücke bzw. einer vier elektrischen Ventile umfassenden Vollbrücke beschaltet, wobei ein parallel zu

der Halbbrücke bzw. Vollbrücke geschalteter Kondensator vorgesehen ist, der beim Abschalten der Magnetspule durch Schließen der Halbbrücke bzw. eines Halbbrücken-zweiges die magnetische Energie der Magnetspule speichert. Dies wird ohne weitere Beschaltung des Kondensators erreicht, da durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung eine Be- und Entladung des Kondensators automatisch mit Betätigen der elektrischen Ventile der Halbbrücke bzw. der Halbbrücken-zweige erfolgt.

#### Patentansprüche

1. Elektronische Schalteinrichtung für Magneten, insbesondere elektromagnetische Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine, mit einer Magnetspule (S1), einer zwei elektrischen Ventile (V1, V2) und zwei Dioden (D1, D2) umfassenden Halbbrücke zur Beschaltung der Magnetspule (S1) und mit einem parallel zu der Halbbrücke geschalteten Kondensator (C), der beim Abschalten der Magnetspule (S1) durch Schließen der elektrischen Ventile (V1, V2) zur Speicherung der magnetischen Energie der Magnetspule (S1) und zur Beschleunigung des Stromauf- und -abbaus dient.
2. Elektronische Schalteinrichtung für Magneten, insbesondere elektromagnetische Ventilstellglieder einer Brennkraftmaschine, mit einer Magnetspule (S2), einer aus zwei jeweils zwei elektrischen Ventile (V1, V2; V3, V4) umfassenden Halbbrücken-zweigen aufgebauten Vollbrücke zur Beschaltung der Magnetspule (S2) und mit einem parallel zu der Vollbrücke geschalteten Kondensator (C), der beim Abschalten der Magnetspule (S2) durch Schließen des entsprechenden Ventilpaares (V1, V2; V3, V4) zur Speicherung der magnetischen Energie der Magnetspule (S2) und zur Beschleunigung des Stromauf- und -abbaus dient.
3. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, mit einer parallel zu dem Kondensator (C) geschalteten Zenerdiode (Z).

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

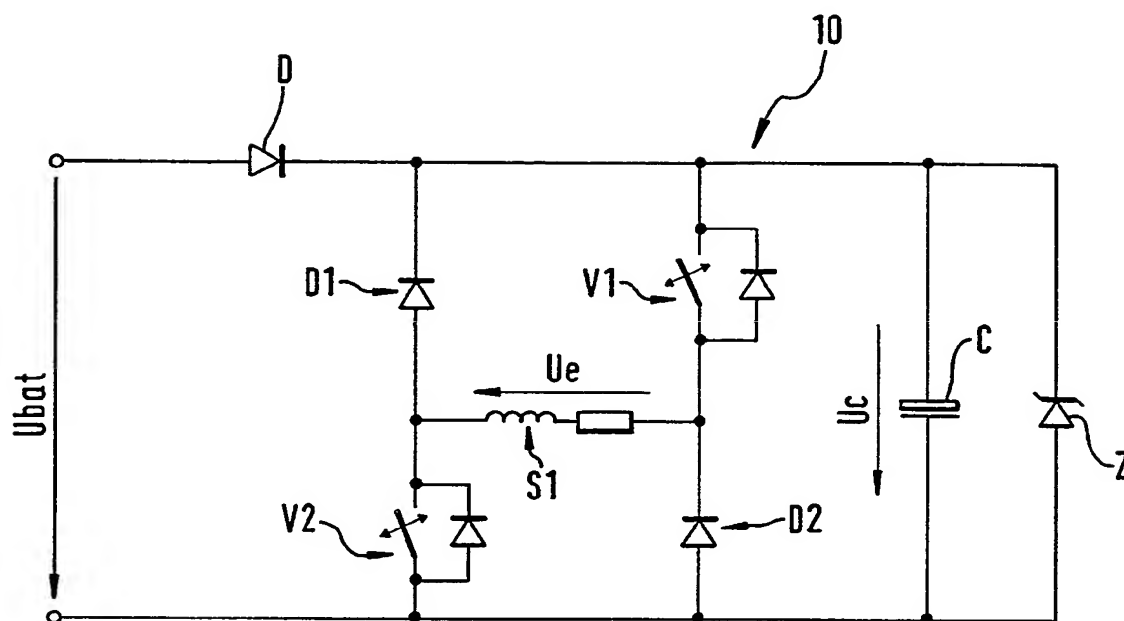


Fig. 1

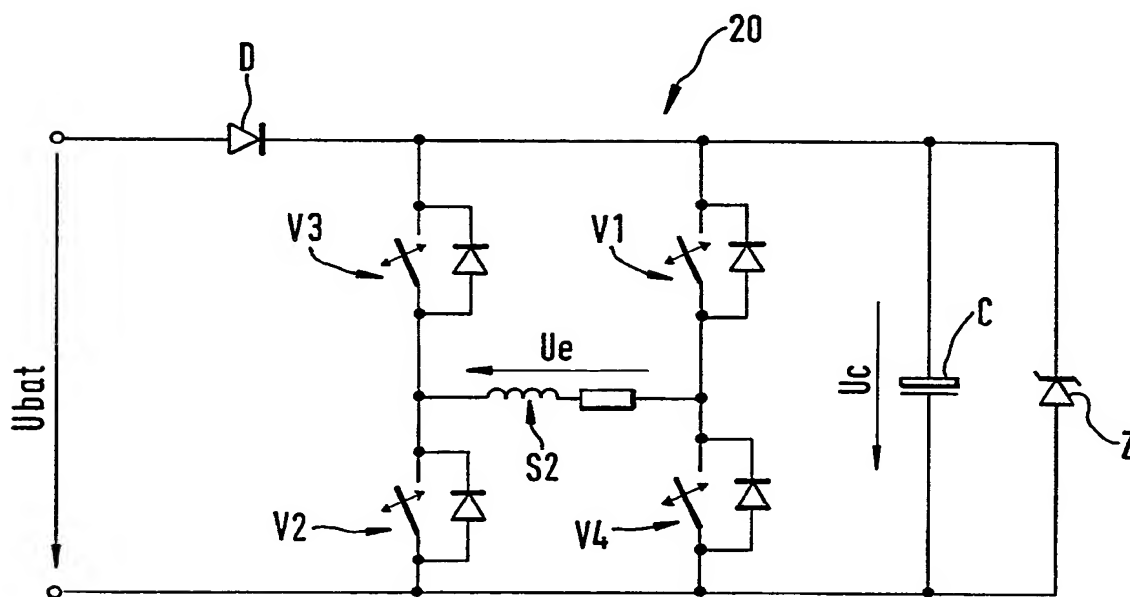


Fig. 2

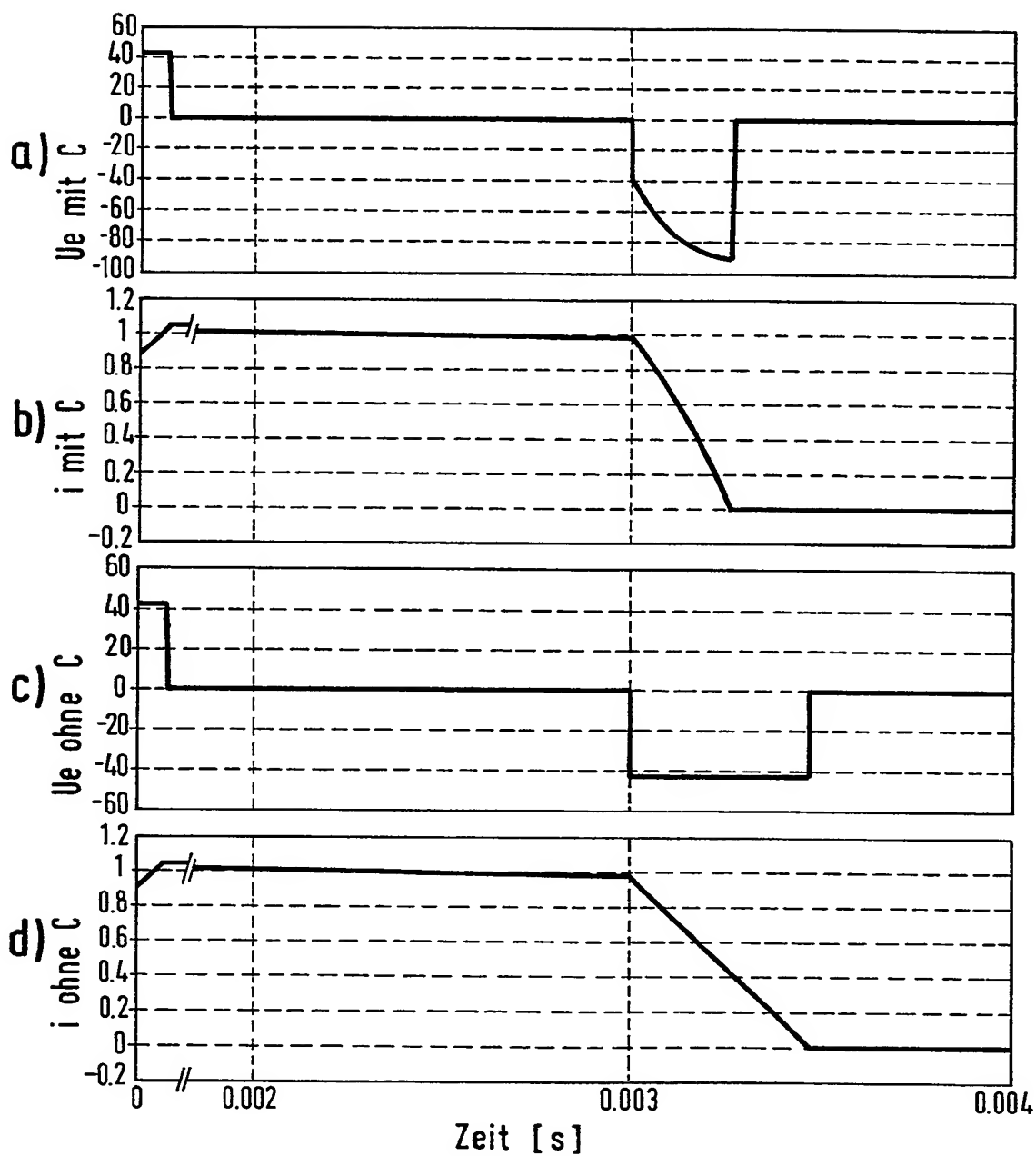


Fig. 3

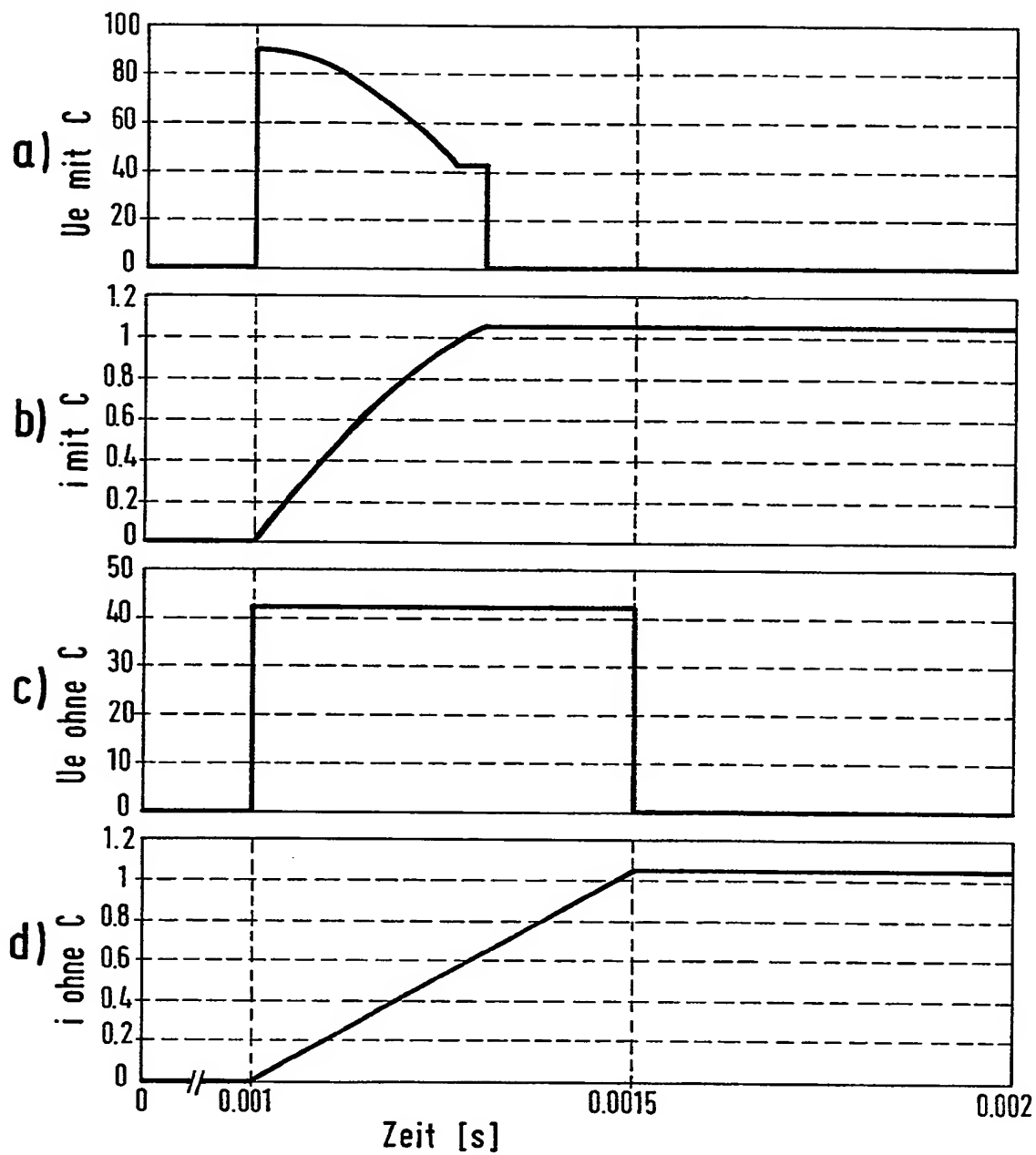


Fig. 4